

УДК 536.24

А.Р. ПЕРЕСЕЛКОВ, канд. техн. наук

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,
г. Харьков, Украина

ТЕПЛООБМЕН ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДИСПЕРГИРОВАННОЙ ВОДОЙ

Представлено методику й результати досліджень залежності питомого теплотістому від щільності зрошення високотемпературної поверхні. Проведено аналіз впливу на теплообмін параметрів, що формують гідродинамічні умови зрошення поверхні.

The method and results of investigations of dependence between specific heat and heat temperature surface irrigation density have been presented. The influence of parameters which determine hydrodynamic conditions of surface irrigation has been investigated.

Для задания граничных условий теплообмена при разработке математических моделей температурного состояния листа или слитка, а также при проектировании систем охлаждения проката и слитков на установках непрерывной разливки стали, необходимы данные по условиям теплообмена при орошении высокотемпературной поверхности диспергированной водой.

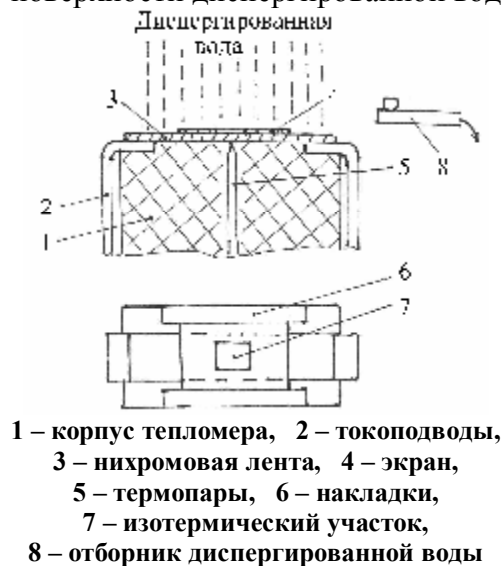


Рис. 1. Схема измерения

тепломера.

Исследования производились при стационарной температуре орошаемой поверхности тепломера при закризисном (пленочном) режиме кипения. Для выхода на такой режим кратковременно прерывалась подача капельного потока на мерный участок тепломера. Как показали опыты [1] в интервале $t_n = 550-850^\circ\text{C}$ удельный тепловой поток увеличивался только на 16 %. Поэтому в настоящей работе измерения проводились при температуре поверхности $t_n = 800-820^\circ\text{C}$, что с достаточной точностью характеризует теплообмен в закризисной области кипения при

Тепломер (рис. 1) состоит из нихромовой ленты толщиной $10 \times 0,5$ мм, которая нагревалась постоянным током от высокоамперного генератора и в рабочей зоне экранировалась фольгой. В экране выполнено окно размером $6,5 \times 6,5$ мм. За счет экрана обеспечивалась изотермичность ленты на участке под окном, что контролировалось термopары. Измерительный участок тепломера находился на 80 мм выше остальной орошаемой поверхности. При этом исключалось попадание на него пленки воды и отраженных капель, а теплосъем осуществлялся каплями воды, поступающими из форсунки.

Плотность орошения зоны измерения определялась отборником, которые с помощью координатника мог устанавливаться непосредственно над измерительным участком

соответствующих гидравлических условиях. Температура охлаждающей воды была 17–20 °С. Для орошения тепломера использовались плоскофакельные струйные и водовоздушные форсунки. Как установлено, основным фактором, определяющим интенсивность теплосъема является плотность орошения высокотемпературной поверхности. А такие условия, как геометрические и режимные параметры работы распылителей, расстояние от форсунки до поверхности, угол натекания и скорость капельного потока (перепад давления на форсунке), расположение точки измерения в зоне орошения и т.д., проявляются только через плотность орошения g , величина которой изменяется при варьировании указанными параметрами диспергирования.

В настоящей работе не было обнаружено влияние крупности диспергирования воды на теплосъем. При этом модальный диаметр D_m функции распределения объема капель по размеру изменялся от 0,2 до 5 мм и более. Дисперсный состав капель локально измерялся с помощью счетно-импульсного метода [2].

Результаты работы, которые частично опубликованы в работе [1], а также получены в последующих опытах можно представить в виде зависимости $q = 6,5 \cdot 10^5 \cdot g^{0,5}$ (кривая 14 на рис. 2).

Автором не было обнаружено влияние ориентации охлаждаемой поверхности на интенсивности теплосъема. При орошении локального (выступающего) тепломера сверху-вниз, снизу-вверх и вертикального его расположения, полученные экспериментальные точки описывались приведенной обобщенной зависимостью $q = f(g)$. Объясняется это тем, что на поверхности тепломера теплосъем осуществляется только за счет капель, поступающих из распылителя, и исключается возможность попадания в зону измерения пленки воды и отраженных капель.

Целесообразно сопоставить и проанализировать результаты опытов других авторов, представив их в виде зависимости $q = f(g)$, как показано на рис. 2.

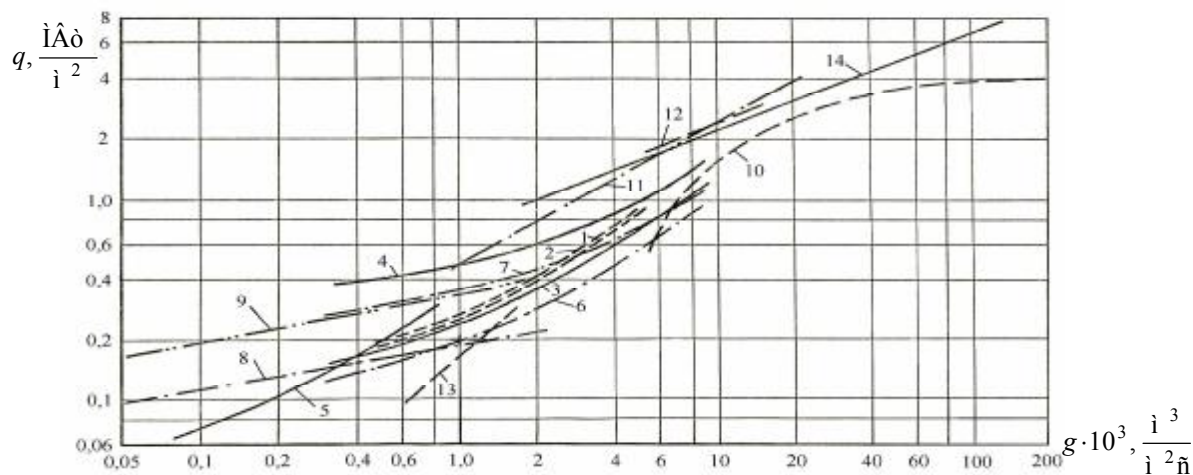


Рис. 2. Экспериментальные зависимости удельного теплосъема от плотности орошения диспергированной водой высокотемпературной поверхности

В работе [3] рассматривалось влияние перепада давления на форсунке $\Delta P = 0,25$ МПа – кривая 1 и $\Delta P = 0,5$ МПа – кривая 2. В работе [4] исследовалось влияние на теплообмен скорости истечения воды из форсунки: $w = 11$ м/с – кривая 3, $w = 32$ м/с – кривая 4 и кривая 5 получена при водовоздушном распыливании. Аналогично по данным работы [5] построены кривая 6 при $w = 14$ м/с и кривая 7 при $w = 30$ м/с. Влияние крупности диспергирования воды на теплообмен обнаружено в работе [6] при малой плотности орошения, когда на поверхности появлялись «сухие»

пятна. Для капельного потока, характеризующегося объемным радиусом капель $R_{03} = 0,23$ мм – кривая 8, для $R = 0,12$ мм – кривая 9. Кривые 10, 11, 12 соответственно по данным работ [7, 8, 9]. В работе [10] исследовался теплообмен при подаче диспергированной воды снизу-вверх – кривая 13.

Анализ кривых, показанных на рис. 2, предполагает наличие систематических ошибок в экспериментах авторов, хотя каждый из них оценивает погрешности своих данных не более чем в 20 %.

На практике при охлаждении проката и слитков «вторичная» вода, поступающая в зону охлаждения, несомненно, оказывает влияние на теплообмен. Возможно, пленка воды на высокотемпературной поверхности ухудшает условия теплообмена, т.к. препятствует контакту натекающих капель с охлаждаемой поверхностью.

Приведенные данные можно использовать в теплотехнических расчетах при соответствующих гидродинамических условиях орошения.

Литература

1. *Переселков А.Р.* Теплообмен при охлаждении высокотемпературной поверхности струей диспергированной жидкости / А.Р. Переселков, Э.Г. Братута // Энергетическое машиностроение. – 1982. – Вып. 34. – С. 77-81.
2. *Переселков А.Р.* Исследование дисперсного состава капель при распыливании жидкости центробежными форсунками // Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование. Вестник НТУ «ХПИ»: Сб. научн. трудов. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2008. – № 6. – С. 148-151.
3. *Урбанович Л.И.* исследование теплообмена при водяном форсуночном охлаждении высокотемпературной поверхности металла / Л.И. Урбанович, В.А. Горяинов и др. // Инженерно-физический журнал. – 1980. – Т. 39, № 2. – С. 315-322.
4. *Мицудзука М.* Особенности технологии и коэффициента теплопередачи при охлаждении туманом высокотемпературных стальных листов / М. Мицудзука, К. Фукуда // Тэцу то таганэ (Черные металлы). Пер. с японского. – 1979. – Т. 65, № 6. – С. 608-616.
5. *Динер А.* Обзор литературы по теплоотдаче при струйном охлаждении // Черные металлы. – 1976. – № 4. – С. 26-29.
6. *Исаченко В.П.* Струйное охлаждение / В.П. Исаченко, В.И. Кушнырев. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 216 с.
7. *Будрин Э.В.* Особенности спрейерного охлаждения при термообработке / Э.В. Будрин, В.М. Кондратов // Известия вузов. Черная металлургия. – 1964. – № 11. – С. 61-67.
8. *Вианне Е.* Теплообмен между поверхностью, нагретой до высокой температуры, и нормально падающей струей смеси воздуха с распыленной водой / Е. Вианне, Ж. Жозеф, Ж. Даан // Общество Бертен и К. Отдел теплоотдачи и переноса массы. Франция / Пер. с франц. № 80/10747. – М.: ГПНТБ. – 11 с.
9. *Гончаров Н.В.* Теплоотдача при водовоздушном охлаждении листа / Н.В. Гончаров, Е.И. Казанцев // Сталь. – 1981. – № 4. С. 88-90.
10. *Сладкошteeв В.Г.* Непрерывная разливка стали на радиальных установках / В.Г. Сладкошteeв, Р.В. Потонин, О.Н. Суладзе и др. – М.: Металлургия, 1974.

© Переселков А.Р., 2009